

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 744 538 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
27.11.1996 Patentblatt 1996/48

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **F01P 7/16**

(21) Anmeldenummer: 96105511.8

(22) Anmeldetag: 06.04.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT SE

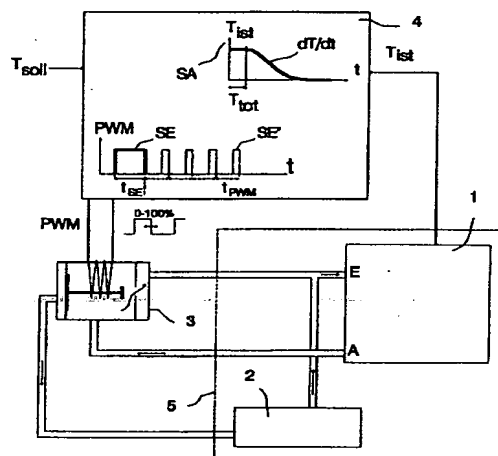
(71) Anmelder: Bayerische Motoren Werke  
Aktiengesellschaft  
80788 München (DE)

(30) Priorität: 26.05.1995 DE 19519378

(72) Erfinder: Ovari, Zlatko  
85244 Röhrmoos (DE)

**(54) Kühlanlage mit elektrisch regelbarem Stellglied**

(57) Bei einer Kühlanlage mit elektrisch regelbarem Stellglied zur Beeinflussung der Kühlmitteltemperatur von Brennkraftmaschinen in Kraftfahrzeugen und mit einem dem Stellglied vorgeschalteten elektronischen Regler erzeugt der Regler zumindest in Abhängigkeit von einer durch die Kühlmitteltemperatur beeinflussten Größe die Stellsignalgröße zur Ansteuerung des Stellglieds zum Erreichen einer Soll- Kühlmitteltemperatur. Dabei werden die Parameter des Reglers während des Brennkraftmaschinenbetriebs adaptiv durch Auswertung der Sprungantwort einer der Ist-Kühlmitteltemperatur proportionalen Größe auf eine Sprunganregung als Eingangssignal des Stellglieds hin bestimmt.


**EP 0 744 538 A2**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kühlanlage mit elektrisch regelbarem Stellglied zur Beeinflussung der Kühlmitteltemperatur von Brennkraftmaschinen in Kraftfahrzeugen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine derartige Kühlanlage ist beispielsweise aus der DE 43 24 178 A1 bekannt. Diese bekannte Kühlanlage für Brennkraftmaschinen weist einen Kühler und ein Thermostatventil als elektrisch regelbares Stellglied auf, mit dem die Temperatur des Kühlmittels in einem Warmlaufbetrieb, einem Mischbetrieb und einem Kühlerbetrieb regelbar ist. Das Thermostatventil als elektrisch regelbares Stellglied enthält ein Dehnstoffelement, das zum Reduzieren der Kühlmitteltemperatur elektrisch beheizbar ist.

Bei dieser bekannten Kühlanlage regelt das Thermostatventil die Strömung des Kühlmittels zwischen der Brennkraftmaschine und dem Kühler derart, daß während des Warmlaufbetriebs das von der Brennkraftmaschine kommende Kühlmittel im wesentlichen unter Umgehen des Kühlers durch einen Kurzschluß hindurch zur Brennkraftmaschine zurückströmt, daß während des Mischbetriebes das von der Brennkraftmaschine kommende Kühlmittel teilweise durch den Kühler hindurch und teilweise durch den Kurzschluß hindurch zur Brennkraftmaschine zurückströmt und daß während des Kühlerbetriebs das von der Brennkraftmaschine kommende Kühlmittel im wesentlichen durch den Kühler hindurch zur Brennkraftmaschine zurückströmt. Durch die elektrische Beheizung des elektrisch regelbaren Stellglieds wird der Öffnungsquerschnitt für den Durchfluß des Kühlmittels zum Kühler hin gegenüber einem durch die Temperatur des Kühlmittels bedingten Öffnungsquerschnitt vergrößert.

Die elektrische Beheizung des elektrisch regelbaren Stellgliedes erfolgt über eine Regeleinrichtung, mittels derer die Ist-Kühlmitteltemperatur erfaßt und mit einer vorgegebenen Soll-Kühlmitteltemperatur verglichen wird. Liegt die erfaßte Ist-Kühlmitteltemperatur oberhalb der Soll-Kühlmitteltemperatur wird zum Kühlen des Kühlmittels die elektrische Beheizung eingeschaltet, während bei einer Ist-Kühlmitteltemperatur unterhalb der vorgegebenen Soll-Kühlmitteltemperatur die elektrische Beheizung des elektrisch regelbaren Stellglieds ausgeschaltet wird.

Diese bekannte Kühlanlage führt in Abhängigkeit von der Ist-Kühlmitteltemperatur im Vergleich mit der Soll-Kühlmitteltemperatur lediglich eine Zweipunktregelung aus, wodurch bezüglich der zu erreichenden Soll-Kühlmitteltemperatur starke Unter- bzw. Überschwinger auftreten können.

Darüber hinaus ist beispielsweise aus der noch nicht veröffentlichten DE 44 03 713 eine Kühlanlage bekannt, deren elektrisch regelbares Stellglied zur Beeinflussung der Kühlmitteltemperatur eine elektrisch regelbare Kühlmittelförderpumpe ist. Hierzu ist jedoch keine Regelstrategie beschrieben.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Kühlanlage eingangs genannter Art derart zu verbessern, daß zum einen Unter- bzw. Überschwinger bezogen auf die vorgegebene Soll-Kühlmitteltemperatur verhindert werden und zudem die vorgegebene Soll-Kühlmitteltemperatur möglichst schnell erreicht wird.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Erfindungsgemäß werden die Parameter des Reglers während des Brennkraftmaschinenbetriebs adaptiv durch Auswertung der Sprungantwort einer der Ist-Kühlmitteltemperatur proportionalen Größe auf eine Sprunganregung als Eingangssignal des Stellgliedes hin bestimmt.

Es hat sich bei Versuchen herausgestellt, daß zu einer Regelung der Kühlanlage mit elektronisch bzw. elektrisch regelbarem Stellglied zur Beeinflussung der Kühlmitteltemperatur von Brennkraftmaschinen ein PID-Regler besonders geeignet ist, um möglichst schnell die vorgegebene Soll-Kühlmitteltemperatur zu erreichen. Ein derartiger PID-Regler kann entweder analog oder digital aufgebaut sein und beispielsweise in einem ohnehin vorhandenen elektronischen Steuergerät zur Steuerung der Kühlanlage und/oder der Brennkraftmaschine integriert sein. Insbesondere bei Verwendung eines digitalen PID-Reglers sind zudem der Aufwand und die Kosten für eine erfindungsgemäße Kühlanlage trotz verbesserter Regelung nur gering. Der Regler kann jedoch auch ein anderer elektronischer Regler sein, z. B. ein  $PI_nD_n$ - oder ein PI-Regler.

Ergänzend wird darauf hingewiesen, daß die durch die Kühlmitteltemperatur beeinflusste Größe bzw. die der Ist-Kühlmitteltemperatur proportionale Größe auch die (Ist-)Kühlmitteltemperatur selbst sein kann.

Der erfindungsgemäße Regler bildet die Übertragungsstrecke zwischen dem Eingang des Stellglieds und dem Ausgang der Kühlanlage nach, wodurch eine Anpassung der Parameter des Reglers automatisch in Abhängigkeit von sämtlichen in dieser Übertragungsstrecke auftretenden Parametern stattfindet, wie z. B. von der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Außentemperatur, der Motorlast, der Fahrzeuginnenraumheizung, dem Zustand der Klimaaggregate, der Drehzahl des Kühlerwasserlufers und/oder der totzeitbehafteten Temperaturerfassung sowie auch der Trägheit und Nichtlinearität des Stellgliedes. Zusätzliche Sensoren zur Erfassung dieser Parameter sind nicht notwendig. Somit wird nicht nur eine optimierte Regelung sondern auch die Einsparung von zusätzlichen Kosten erreicht.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist der Gegenstand des Patentanspruchs 2.

Die Sprunganregung wird durch die Stellsignalgröße zur Ansteuerung des Stellglieds selbst vorgenommen. Unter der Voraussetzung, daß die Stellsignalgröße zumindest teilweise einen Sprungsignalanteil enthält, muß erfindungsgemäß zur Ermittlung der Sprungantwort nicht ein eigenes Testsignal als Sprunganregung erzeugt werden. Vorzugsweise wird die Sprungantwort

bei Vorliegen einer bestimmten Betriebsbedingung ausgewertet.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist der Gegenstand des Patentanspruchs 3. Erfindungsgemäß ist die Stellsignalgröße ein pulswidenmoduliertes Signal. Mittels eines pulswidenmodulierten Signals ist zum einen eine fein abgestimmte Ansteuerung des Stellsignals möglich und zum anderen automatisch eine Sprunganregung zur Auswertung der Sprungantwort häufig verfügbar.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Sie zeigt eine erfindungsgemäße Kühlanlage mit einem elektrisch beheizbaren Thermostatventil als elektrisch regelbares Stellglied.

Eine Brennkraftmaschine 1 enthält kühlmittelführende Leitungen. Diese kühlmittelführenden Leitungen sind vom Ausgang A der Brennkraftmaschine 1 über eine Leitung mit einem Eingang eines elektrisch regelbaren Stellgliedes 3 in Form eines Thermostatventiles verbunden. Ein Ausgang des Stellgliedes 3 ist über eine weitere Leitung und den Eingang E der Brennkraftmaschine 1 an die kühlmittelführenden Leitungen der Brennkraftmaschine 1 angeschlossen. Ein weiterer Ausgang des Stellgliedes 3 führt über eine Leitung zum Eingang eines Kühlers 2. Der Ausgang des Kühlers 2 ist wiederum über eine kühlmittelführende Leitung mit dem Eingang E der Brennkraftmaschine 1 verbunden.

Das elektrisch regelbare Stellglied in Form eines Thermostatventils weist ein temperaturabhängiges Dehnstoffelement auf, das über eine elektrische Leitung, die an ein elektronisches Steuergerät 4 angeschlossen ist, beheizbar ist. Zur Funktionsweise des elektrisch regelbaren Thermostatventils 3 sei beispielsweise auf die DE 43 24 178 A1 verwiesen. In der Zeichnung ist das Stellglied 3 im Warmlaufbetrieb dargestellt, bei dem der linke Durchlaß vollständig geschlossen und der rechte Durchlaß vollständig geöffnet ist. Somit fließt das Kühlmittel vom Ausgang A der Brennkraftmaschine 1 in einer Art Kurzschluß über das Stellglied 3 direkt zum Eingang E der Brennkraftmaschine 1 zurück. Der Kühler 2 wird hierbei vom Kühlmittel umgangen. Beispielsweise wäre im Kühlerbetrieb der rechte Durchlaß vollständig geschlossen und der linke Durchlaß des Stellgliedes 3 vollständig geöffnet. Zum Einstellen einer gewünschten Soll-Kühlmitteltemperatur  $T_{\text{Soll}}$  ist auch ein Mischbetrieb möglich, bei dem sowohl der rechte als auch der linke Durchlaß des Stellgliedes 3 teilweise geöffnet sein können. Die Stellsignalgröße des Stellgliedes 3 ist ein pulswidenmoduliertes Ansteuersignal PWM.

Das elektronische Steuergerät 4 soll im dargestellten Fall der erfindungsgemäße Regler, vorzugsweise ein PID-Regler, sein. Es ist jedoch auch möglich, den Regler als Funktionsblock in einem ohnehin vorhandenen elektronischen Steuergerät, z. B. zur Steuerung der Brennkraftmaschine und/oder der Kühlanlage, zu integrieren. Der PID-Regler 4 erhält als Eingangssignale zumindest die Ist-Kühlmitteltemperatur  $T_{\text{Ist}}$  und die Vorgabe einer einzustellenden Soll-Kühlmitteltemperatur

$T_{\text{Soll}}$ . In Abhängigkeit von den momentan eingestellten Parametern des PID-Reglers 4 wird ein entsprechendes Ansteuersignal PWM als Stellsignalgröße erzeugt und in Form einer elektrischen Beheizung des Stellglieds 3 vom PID-Regler 4 ausgegeben.

Ist beispielsweise das Ansteuersignal PWM ein pulswidenmoduliertes Signal, kann ggf. dieses Ansteuersignal PWM selbst (dünne Linie) als Sprunganregung SE' verwendet werden. Hierzu sollte jedoch der Impuls innerhalb der Periodendauer  $t_{\text{PWM}}$  eine vorgegebene Mindestdauer aufweisen. Andernfalls wird als Sprunganregung SE ein eigens dafür gebildeter Impuls (fette Linie), z. B. mit einer vorgegebenen Dauer  $t_{\text{SE}}$ , verwendet.

Auf die Sprunganregung SE oder SE' hin wird bezüglich der Ist-Kühlmitteltemperatur  $T_{\text{Ist}}$  die Sprungantwort SA, z. B. für eine vorgegebene Zeit, erfaßt und ausgewertet. Die Parameter des PID-Reglers 4 werden entsprechend der Auswertung der Sprungantwort SA an die Gegebenheiten des Stellglieds 3 und/oder der Regelstrecke 5 angepaßt. Hierzu wird die Sprungantwort SA beispielsweise bezüglich ihrer Totzeit  $T_{\text{Tot}}$  und/oder ihrer Steigung  $dT/dt$  ausgewertet. Zur Auswertung der Sprungantwort SA können jedoch auch andere Charakteristika des Kurvenverlaufs der Sprungantwort SA betrachtet werden.

Mittels der Auswertung der Sprungantwort SA auf die Sprunganregung SE hin werden automatisch sämtliche Einflüsse von Betriebsparametern und Störgrößen, die auf den PID-Regler 4, das Stellglied 3 und/oder die Regelstrecke 5 einwirken, beachtet. Hierdurch wird eine Erhöhung der Regelgüte und Regelgeschwindigkeit unter Einsparung von zusätzlichen Sensoren zur Erfassung weiterer Betriebsparameter oder Störgrößen erreicht. Als Folge der erfindungsgemäßen Kühlanlage ergibt sich zudem bei vorgegebenen Betriebsbedingungen eine Verbrauchs- und Leistungsoptimierung.

Die Erfindung ist jedoch nicht auf das genannte Ausführungsbeispiel beschränkt.

So kann anstelle des Thermostatventils 3 oder zusätzlich als elektrisch bzw. elektronisch regelbares Stellglied z. B. auch eine im Kühlmittelkreislauf vorgesehene Kühlmittelförderpumpe entsprechend der Erfindung geregelt werden - oder auch eine elektrisch regelbare Kühlmitteldrosselklappe. Grundsätzlich ist durch die Erfindung jedes Stellglied erfaßt, das zur Beeinflussung der Kühlmitteltemperatur elektrisch bzw. elektronisch regelbar ist.

Weiterhin muß die Stellsignalgröße nicht zwingend ein pulswidenmoduliertes Signal sein, sondern kann auch - entsprechend der Ausgestaltung des Stellglieds - ein beliebig geeignetes elektrisches Signal sein, wie z. B. ein verstellwegproportionales Spannungssignal oder ein frequenzmodulierter Puls.

Darüber hinaus kann eine durch die Kühlmitteltemperatur beeinflusste Größe anstelle der Kühlmitteltemperatur selbst beispielsweise eine andere Temperatur sein, wie z. B. die eines kühlmitteldurchflossenen Bauteils.

**Patentansprüche**

1. Kühlanlage mit elektrisch regelbarem Stellglied zur Beeinflussung der Kühlmitteltemperatur von Brennkraftmaschinen in Kraftfahrzeugen und mit einem dem Stellglied vorgeschalteten elektronischen Regler, der zumindest in Abhängigkeit von einer durch die Kühlmitteltemperatur beeinflussten Größe die Stellsignalgröße zur Ansteuerung des Stellglieds zum Erreichen einer Soll- Kühlmitteltemperatur erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter des Reglers (4) während des Brennkraftmaschinenbetriebs adaptiv durch Auswertung der Sprungantwort (SA) einer der Ist-Kühlmitteltemperatur

(T<sub>ist</sub>)

proportionalen Größe auf eine Sprunganregung (SE) als Eingangssignal des Stellglieds (3) hin bestimmt werden.

2. Kühlanlage nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sprunganregung (SE) durch die Stellsignalgröße (PWM) zur Ansteuerung des Stellglieds (3) selbst vorgenommen wird.
3. Kühlanlage nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellsignalgröße (PWM) ein pulswidenmoduliertes Signal ist.

35

40

45

50

55

